

# MEDITERRANEA

SERIE DE ESTUDIOS GEOLOGICOS

Número 2

Julio 1983

## SUMARIO

DABRIO C. J. y FERNANDEZ J.	<u>Página</u>
Génesis y evolución de barras conglomeráticas en un río de baja sinuosidad (Depresión de Granada, España).....	3
 ZAZO C., GOY J. R. y DABRIO C. J.	
Medios marinos y marinos-salobres en la Bahía de Cádiz durante el Pleistoceno .....	29
 RODRIGUEZ ESTRELLA T.	
Criterios hidrogeológicos aplicables al estudio de la Neotectónica en el Sureste español .....	53
 AUERNHEIMER C.	
El Mioceno medio de Elda-Petrel. (I) Petrología.	67
 AUERNHEIMER C.	
El Mioceno medio de Elda-Petrel. (II) Geoquímica	105

# MEDITERRANEA

SERIE DE ESTUDIOS GEOLOGICOS

Número 2

Julio 1983



## SUMARIO

DABRIO C. J. y FERNANDEZ J.	<u>Página</u>
Génesis y evolución de barras conglomeráticas en un río de baja sinuosidad (Depresión de Granada, España) .....	3
 ZAZO C., GOY J. R. y DABRIO C. J.	
Medios marinos y marinos-salobres en la Bahía de Cádiz durante el Pleistoceno .....	29
 RODRIGUEZ ESTRELLA T.	
Criterios hidrogeológicos aplicables al estudio de la Neotectónica en el Sureste español .....	53
 AUERNHEIMER C.	
El Mioceno medio de Elda-Petrel. (I) Petrología.	67
 AUERNHEIMER C.	
El Mioceno medio de Elda-Petrel. (II) Geoquímica	105

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA — FACULTAD DE CIENCIAS  
UNIVERSIDAD DE ALICANTE

**SERIE DE ESTUDIOS GEOLOGICOS**

**Mediterránea Ser. Geol.**

**Julio 1983**

**ANEJO DE LOS ANALES DE LA UNIVERSIDAD DE ALICANTE**

Redacción: C. AUERNHEIMER; J. A. PINA

EDITA: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alicante

Depósito Legal A - 927 - 1983

Composición e Impresión:

Coop. A. G. GUTENBERG

Río Turia, 11 - Telf. 28 34 36 y 28 69 99

ALICANTE

Correspondencia: Departamento de Geología

Facultad de Ciencias de la Universidad de Alicante

Teléfono 66 11 50. Extensión 23

Apartado 99 ALICANTE

**PUBLICACION PATROCINADA POR  
LA CAJA DE AHORROS PROVINCIAL  
DE ALICANTE**

## **MEDIOS MARINOS Y MARINOS-SALOBRES EN LA BAHÍA DE CÁDIZ DURANTE EL PLEISTOCENO**

Zazo C.<sup>1</sup>, Goy J. L.<sup>1</sup>, Dabrio C.<sup>2</sup>

### **RESUMEN**

La Bahía de Cádiz se instala en el labio hundido de una falla de dirección ENE — OSO que pasa al pie de la Sierra de San Cristóbal y que se continúa al Norte de El Aculadero. Los materiales del Plioceno superior «facies ostionera» fosilizan en muchos casos este accidente. Esta zona deprimida fue propicia a la permanencia de ambientes marinos y costeros durante la regresión generalizada del Plioceno superior y Pleistoceno. Las secciones estudiadas muestran megasecuencias transgresivas separadas por épocas de emersión asociadas en muchos casos con procesos de karstificación. A partir de estas series se deduce que durante el Plio/Pleistoceno la costa formaba un amplio entrante entre Rota y la Barrosa (Chiclana de la Frontera) que se extendía por la parte inferior del valle del Guadalete, siendo la Sierra de San Cristóbal el relieve que constituía durante el Plioceno superior el acantilado fósil y dejaba en su interior dos islas. Cerro Centa y Cerro de los Mártires. La retirada del mar indujo a la formación de marismas y lagoones marino-salobres que estaban separados del mar abierto por islas barreras que fueron invadidas repetidamente por el mar durante el Pleistoceno merced a oscilaciones positivas del nivel del mar con un valor «relativo» de 10-15 metros.

El esquema de distribución de ambientes es semejante al actual en el que la flecha de Valdelaguna actúa como isla barrera entre el mar abierto y las marismas que, hacia tierra se interdigitan con conos de deyección y coluviones. Las dimensiones de la Bahía se han reducido con el tiempo.

### **ABSTRACT**

The Bay of Cádiz occupies a depression due to a fault bearing ENE — OSO, which is observed from the foothills of the San Cristóbal Sierra to the El Aculadero area, more to the north. This tectonic accident is covered by undisrupted sediments of upper Pliocene age (Facies Ostionera) in several places. Despite the general regressive trend which characterizes the late Pliocene and Pleistocene ages, marine or littoral environments maintained in the Bay of Cádiz in relation to its depressed situation. The studied successions show transgressive megasequences separated by regressive episodes with karstification. A big bay existed in those times (Plio/Pleistocene) between Rota and La Barrosa (Chiclana de la Frontera) which extended along the valley of the Guadalete River, just by the paleo cliff of Sierra de San Cristóbal. Two islands corresponding to the Cerro de Centa and Cerro de los Mártires emerged. The general retreat of the sea eventually led to the development of barrier islands, lagoons and marshes that were repeatedly inundated during the Pleistocene due to positive oscillations of the «relative» sea level averaging 10-15 m. The pattern of sedimentary environments is fairly similar to the present-day model which the Valdelaguna spit bar acts as a barrier island placed between the open sea and the lagoon (*marismas*) that interfinger to the land with alluvial fan and colluvial continental environments. The size of the paleo-bay has decreased with time.

(1) Departamento de Geomorfología y Geotécnica. Facultad de Geología. MADRID-3.

(2) Departamento de Estratigrafía. Facultad de Ciencias. SALAMANCA.

NOTA: Esta comunicación ha sido presentada en el X Congreso Nacional de Sedimentología. MENORCA. Septiembre 1983.

## INTRODUCCIÓN

El origen de la Bahía de Cádiz se debe a la existencia de una falla normal de dirección ENE — OSO que pasa al pie de la Sierra de San Cristóbal y que se continúa hasta la costa pasando al Norte de El Aculadero. Este accidente cuyo funcionamiento se supone ha comenzado al final del Mioceno, quizá como falla en dirección, rejuega durante el Plioceno inferior y medio con carácter normal, instalándose la Bahía en el bloque hundido. El Plioceno superior («facies ostionera») fosiliza al pie de la Sierra de San Cristóbal el accidente (Benkhelil, 1976).

Durante el Plioceno superior, una vez que la Meseta y el Subético han emergido completamente, el mar en franca regresión perdura en la Bahía de Cádiz ocupando un contorno similar al actual, aunque algo más extenso, no penetrando más allá del pie de la Sierra de San Cristóbal (a + 35 m.), las facies que encontramos son las típicamente marinas litorales, «conglomerado ostionero» y las marino-salobres o de «lagoon». Ambas se vuelven a encontrar en el Cuaternario.

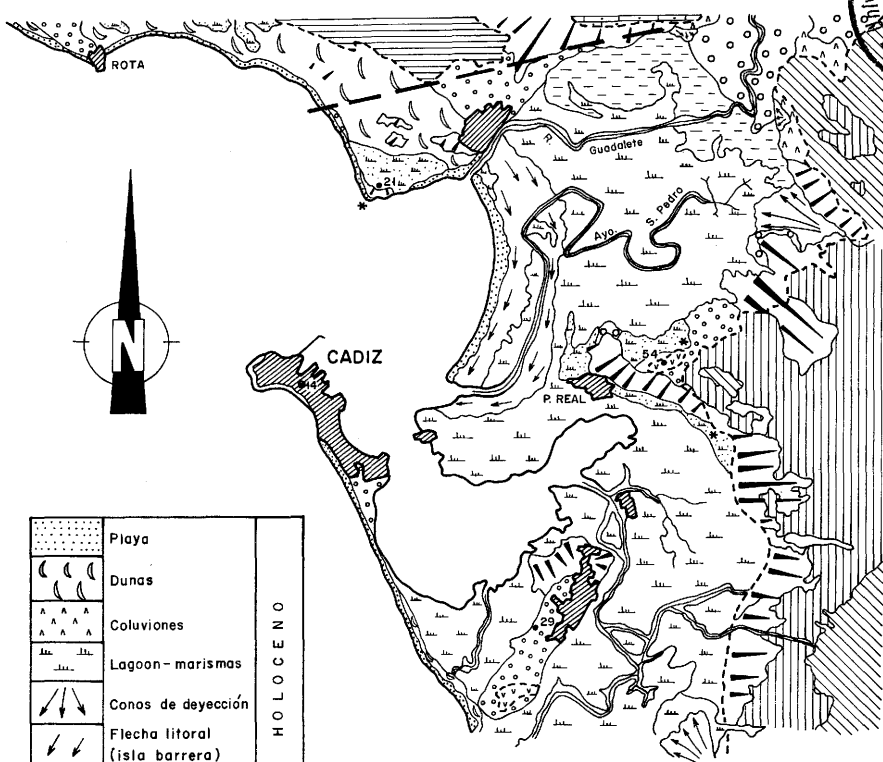
En la zona emergida durante el Plioceno superior, se instala una serie de lagos, sin comunicación con el mar, en los que se depositan unas calizas, generalmente, de tipo pulverulento (región de Lebrija, Jerez y Paterna) y muy posiblemente se desarrollarían suelos rojos como ocurre al Norte de la provincia (Sanlúcar).

## CORTES ESTUDIADOS

Con el fin de reconstruir el ambiente paleogeográfico de la Bahía de Cádiz durante el Plioceno superior y el Pleistoceno, se ha estudiado una serie de cortes todos ellos situados en el borde externo de la Bahía actual (Figura 1), seleccionando los tres más completos: El Aculadero, Puerto Real y el Sanatorio.

## EL ACULADERO

Este afloramiento se sitúa 3 km. al suroeste del Puerto de Santa maría (Figura 1). Ha sido objeto de algunos trabajos (Viguié 1974, Zazo et al. 1981). En él se diferencian tres partes en las que se han levantado varios cortes (Figura 2) a partir de los cuales se ha establecido la columna sintética (Figura 3). Los materiales estudiados se sitúan discordantes sobre «el conglomerado ostionero», que suponemos del Plioceno supe-



	Playa	HOLOCENO
	Dunas	
	Coluviones	
	Lagoon-marismas	
	Conos de deyección	
	Flecha litoral (isla barrera)	
	Limos de inundación	PLEISTOCENO
	Terrazas	
	Glacis con industria lítica	
	Lagoon y "congl. ostonero"	
	"Conglomerado ostonero"	PLIOCENO
	Arenas carbonatadas y calizas lacustres	
	Calcarenitos	MIOCENO
	"Albarizas"	
	Margas	TRIAS-EOCENO SUBBETICO
	Margas yesíferas	

ESCALA 1:150.000

- \* Cortes descritos
- Falla
- Línea de costa Plio- Pleistocena
- 14 • Cotas en metros

Fig. 1.—Esquema geomorfológico de la Bahía y situación de los cortes estudiados.

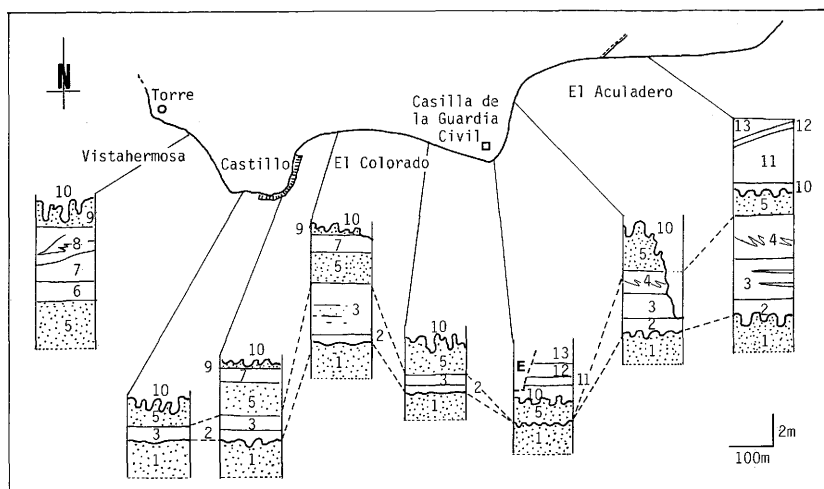


Fig. 2. — Mapa esquemático del sector de El Aculadero-Vistahermosa y situación de las secciones más características en las que los números son los mismos del texto de la figura 3. Obsérvese como se acuñan hacia el sur los niveles 2, 3 y 4. En punteado se han indicado los niveles de conglomerados lumauquielicos (facies ostionera).

rior (presencia de *Chlamys glabra*) y recubiertos por un glacis que contiene industria lítica arcáica. Un manto eólico reciente constituye el techo de todas las series estudiadas. La potencia de los términos de la sucesión varía mucho de unos puntos a otros, complicando la imagen tridimensional.

### Descripción de la serie

En la sucesión ideal se distinguen de muro a techo (Figura 3):

- (1) Lumaquela de lamelibranquios (Figura 4), entre los que destacan por su abundancia, los géneros *Pecten* y *Ostrea*: *Ostrea lamellosa*, *Pecten jacobaeus*, *Chlamys opercularis* y *Ch. glabra*, con algunos cantos de cuarzo y cuarcita cuyo tamaño máximo no llega a los 8 cms. y que localmente forman niveles conglomeráticos. En algunos puntos se diferencian alternancias de niveles de conchas de gran tamaño (en general con la concavidad hacia arriba) con otras de conchas más pequeñas y menor tamaño de grano con estratificación cruzada en artesa dirigida hacia el Sureste. La dirección de corrientes más frecuente es la  $N 120^{\circ} - 130^{\circ}$  dentro de un abanico que abarca desde  $N 60^{\circ}$  hasta  $N 180^{\circ}$ .

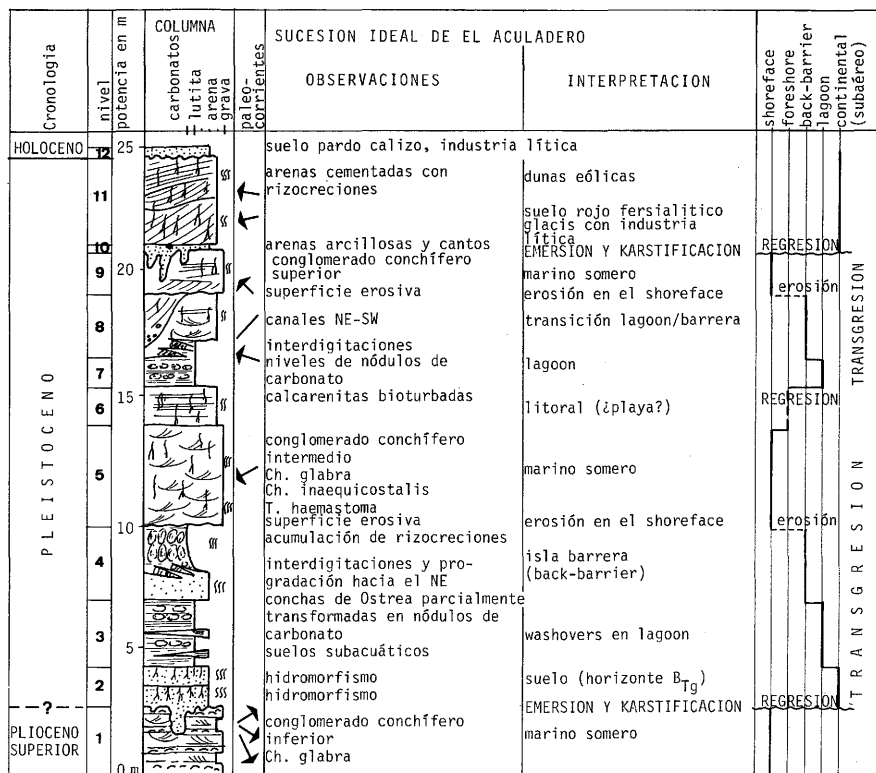


Fig. 3.—Sucesión ideal de El Aculadero.

Se interpreta como un depósito marino sublitoral (*shore-face*) bajo la acción del oleaje y de las corrientes litorales. La regularidad de los *sets* de la estratificación cruzada apunta hacia un origen a partir de corrientes de deriva o de marea. Aunque no han aparecido pruebas claras de reversión de flujo, se atribuyen estos depósitos a una zona sublitoral barrida por las mareas con una dirección dominante de corriente hacia el Sureste y de poca profundidad puesto que las olas eran capaces de eliminar las fracciones finas dejando una gran proporción de tamaños gruesos. Las alternancias de dos tamaños de grano se deben, probablemente a la sucesión de épocas de mar gruesa o tormenta, durante las cuales se movía el sedimento grosero y se arrastraba hacia zonas más profundas el sedimento fino, y épocas de buen tiempo durante las cuales la menor energía ambiental favorecía la formación de *megaripples* en sedimento más fino que era movido por las co-



rientes mareales. Esta superposición de efectos es normal en el ambiente sublitoral.

Sobre este depósito se labra un karst continental que está relleno por:

- ( 2 ) Arenas rosadas con algunos cantos dispersos de cuarzo, tamaño 2-3 cm. Presentan escasas estructuras sedimentarias, laminación paralela, laminación cruzada y estratificación cruzada muy dudosa, que impiden dar con seguridad su origen, aunque nosotros suponemos que serían continentales. Sobre ellas se desarrolla un suelo del que se conservan restos de un horizonte Btg. Existencia de argilanes rojos con hidromorfismo local.
- ( 3 ) Margas y arcillas verdosas con nódulos de carbonato de tipo pulverulento que a veces se agrupan formando niveles más o menos continuos. En algunos puntos se han encontrado restos de valvas de *Ostrea*, *Cardium* y *Mytilus* en vías de transformación a nódulos. Se dan en este depósito estructuras de deformación hidroplástica.

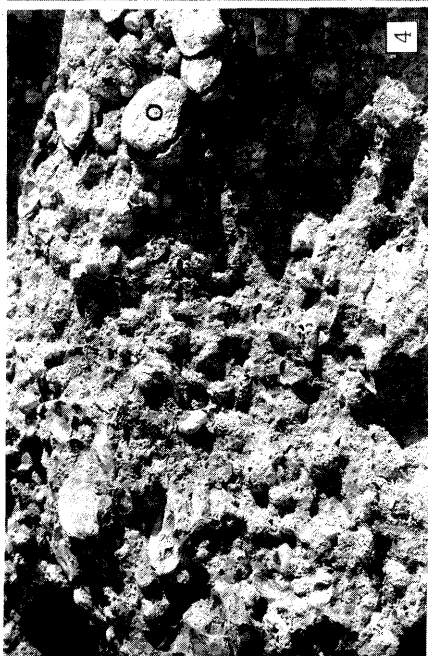
Se interpretan como sedimentos de «lagoon», en los que se desarrollan suelos subacuáticos en medio no ácido. Abundancia de arcilla tipo montmorillonita ( $H > K > I$ ). Fuerte actividad biológica. En el Aculadero este nivel intercala capas de arenas que se acuñan lateralmente. El espesor máximo es de unos 30 cm. y la estructura interna consiste en laminación paralela. Se interpretan como depósitos de arena arrastrada sobre la costa por el frente de oleaje de tormentas (*overwash*) y acumulada en forma de abanicos en el lagoon (*washover fan*).

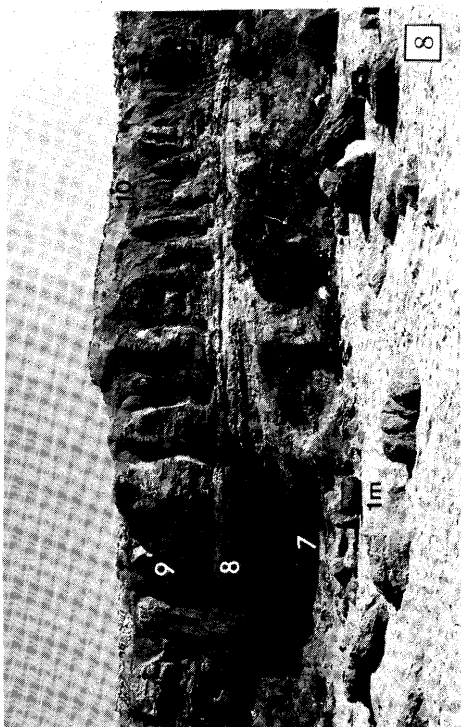
Fig. 4. —Conglomerado conchífero inferior de facies ostionera con ostreidos (O), de los que muchos conservan las dos valvas unidas, y rhodolitos de algas (R) en matriz de calcarenitas.

Fig. 5. —Interdigitaciones de arenas rojas y arcillas con nódulos cargados de carbonato que forman una estructura progradante hacia el noroeste (a la derecha de la foto).

Fig. 6. —Conglomerado conchífero intermedio (nivel 5) con estratificación cruzada en surco debido a migración hacia el suroeste de *megaripples* de cierta sinuosidad.

Fig. 7. —Barra de arenas entre margas y arcillas verdes (V) con nódulos de carbonato (nivel 5 en la Playa del Colorado). La estructura interna consiste en varios sets de estratificación cruzada (X) apuntando hacia el SSW y laminación paralela (P).





S-N



- ( 4 ) Arenas amarillas con nódulos de carbonato que llegan a formar una masa continua hacia el techo. El tránsito arenas-nódulos se realiza mediante interdigitaciones que, en conjunto, integran un dispositivo progradante hacia el noroeste, este término sólo está bien representado entre El Aculadero y Punta de la Cruz.

Los nódulos son fácilmente identificados como rizocreaciones, es decir, acumulación de carbonatos alrededor de raíces de plantas que fueron, probablemente, las responsables de la destrucción de la estructura interna de las arenas por la intensa bioturbación que produjeron.

De acuerdo con los datos litológicos y la posición en la secuencia de facies sedimentarias, se interpreta como un depósito hacia tierra de una isla barrera (*backbarrier*) sometida a frecuentes fenómenos de *overwash* a cuyo favor se depositaban cuñas sedimentarias que eran colonizadas por la vegetación cuyas raíces favorecieron la formación de los rizolitos. El dispositivo progradante (*Figura 5*) registra la migración hacia tierra de la isla barrera y la superposición del *backbarrier* sobre el lagoon.

### *Intensa erosión*

- ( 5 ) Lumaquela de lamelibranquios con cantos de cuarzo y cuarcitas de centil 5 cm. y niveles de conglomerado. La fauna está constituida por *Chlamys glabra*, *Ch. inaequicostalis*, *Acanthocardia tuberculata*, *Lima inflata*, *Thais haemastoma*, de ésta última un sólo ejemplar (Vigier, 1974). Por su posición se ha denominado de una

Fig. 8. —Parte alta el corte de Vistahermosa donde se observa la morfología de los cuerpos sedimentarios en los niveles 7 y 8, la intensa cantificación del nivel 9 y el relleno de las irregularidades karsticas («poches») por el glacis que contiene la industria lítica (nivel 10). El barril metálico tiene una longitud de un metro.

Fig. 9. —Parte alta del corte de El Aculadero. Sobre el dispositivo progradante del nivel 4 se sitúan los restos del 5 cuyo espesor es muy reducido por la intensa erosión y karstificación y los materiales del glacis (10) con industria lítica arcaica cubren la superficie karstificada. Las arenas eólicas (11) con estratificación cruzada de gran escala debida a la migración de dunas hacia el oeste, están parcialmente cementadas y karstificadas. A techo, suelo pardo calizo (12).

Fig. 11. —Panorámica de la parte superior de la cantera de Puerto Real con los niveles diferenciados y descritos en el texto.

manera informal a este conglomerado «conglomerado intermedio», si bien en la Playa de El Colorado puede estar sustituido por arenas y en el Aculadero bastante erosionado.

La estructura interna consiste en estratificación cruzada en surco (Figura 6) debida a migración de megaripples de crestas en forma de media luna en una dirección muy constante N 240° — 250° E, en un ambiente marino sublitoral semejante al descrito para el nivel (1). La línea de costa se había desplazado hacia la Bahía en el tiempo que medió entre el depósito de los dos conglomerados (1) y (5).

En la playa de El Colorado, el conglomerado cambia hacia el norte a arenas cuya estructura interna no se ve bien, pero que contiene un cuerpo de arena (Figura 7) con morfología de barra y estructura interna compuesta por un apilamiento de megaripples que, en la dirección de la corriente, es sustituido por un set de estratificación cruzada apuntando hacia N 250° — 260° E. Las arenas incluyen conchas de bivalvos y cantos blandos de arcillas verdes en las láminas del foreset.

- ( 6) A techo del conglomerado se encuentra en Vistahermosa, metro y medio de calcarenitas bioturbadas por raíces, de estructura interna difusa pero que parece ser laminación paralela. Se atribuye a un depósito de playa en sentido amplio.
- ( 7) Arcillas y margas verdes con nódulos semejantes al nivel (3). Aflo-  
ran sólo en las proximidades del Castillo de Santa Catalina, en  
algunos puntos se intercalan niveles finos de arena fina, cuyo ori-  
gen debe ser similar a lo comentado para el nivel (3), es decir de-  
pósitos de lagoon con intercalaciones de *washover fan*.
- ( 8) Arenas gruesas con restos de lamelibranquios y cantos de cuarci-  
ta, fundamentalmente, cuyo centil no supera los 3 cm., que se  
interdigitan parcialmente con las anteriores. La estructura inter-  
na es estratificación cruzada de dirección N 300° E. Entre las lá-  
minas de foreset se encuentran algunas constituidas por nódulos  
de carbonatos. En otros puntos son arenas con laminación para-  
lela alternando con arcillas. Las unidades son un tanto alabeadas  
y el afloramiento muy limitado por lo que no es claro el significa-  
do exacto de tales depresiones que recuerdan canales someros poco

erosivos (Figura 8). De acuerdo con ello, se interpretaría como un depósito de lagoon con influencia marina en una zona con depresiones que actuaban como canales mareales en los que dominaban una de las corrientes de marea probablemente la de reflujo. El sedimento arenoso procedía de la isla barrera, aportado por *overwash*. La corriente de drenaje del lagoon removía la arena formando los megaripples en las zonas más deprimidas que conducían a los canales de marea, con alternancia de depósito tranquilo de arcillas verdes y de comportamiento tipo «canal» en las que el sedimento arenoso se acumula en megaripples movidos por las corrientes y los finos son removidos y arrastrados a otras zonas.

- 9) Lumaquela de lamelibranquios con cantos de cuarcita que pueden llegar a constituir niveles finos y a los que en conjunto se les denomina de manera informal «conglomerado superior». A pesar de estar muy afectado por la karstificación se puede apreciar estratificación cruzada orientada hacia el noroeste. Su origen es similar a los niveles (1) y (5), pero las corrientes apuntan en dirección opuesta debido, quizá, a la superposición de las corrientes de marea y la deriva litoral generada por el oleaje del suroeste.

Sobre este depósito se labra un karst continental que está relleno por:

- 10) Arenas-arcillosas roja con cantos de cuarzo y de cuarcita (industria lítica arcáica) corresponden a un depósito de glacia.

Sobre este material se desarrolla un suelo rojo fersialítico con procesos de lavado de arcilla muy intenso que han dado lugar a la formación de un horizonte B<sub>t</sub>. Este suelo ha sufrido posteriormente una desrubefacción en la parte superior dejando esta zona más empardecida. Parte superior 5 Y R 5/8, parte inferior, 2,5 Y R 4/6 (en seco).

- 11) Arenas gruesas bien seleccionadas con estratificación cruzada de gran escala (Figura 9) formada por la migración de dunas eólicas hacia el oeste. Este depósito está parcialmente cementado.

Débil karstificación.

- 12) Depósito de escorrentía sobre el que se desarrolla un suelo pardo calizo.

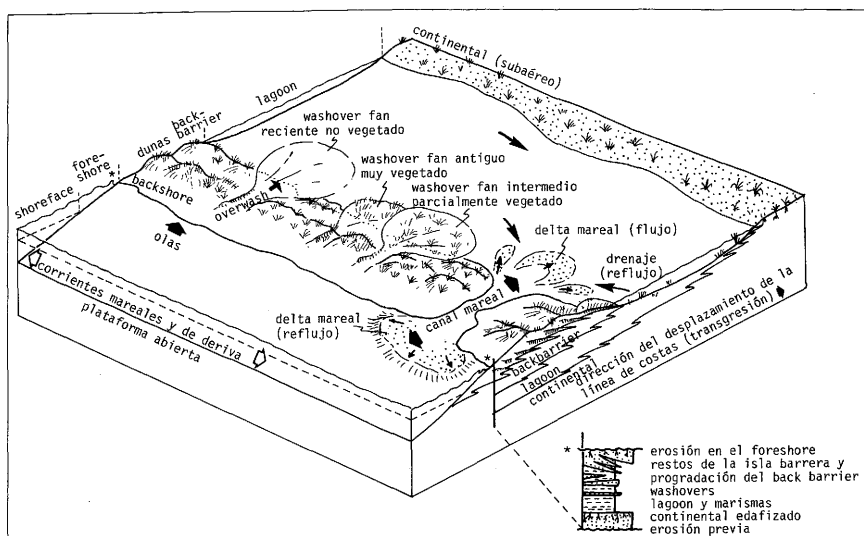


Fig. 10. —Modelo sedimentario de una costa transgresiva con islas progradantes hacia el lagoon y secuencia resultante. El asterisco indica la superficie erosiva producida por el oleaje en el *foreshore*. El carácter transgresivo se manifiesta en las frecuentes roturas del cordón de dunas y el consiguiente depósito de washover fans en el lagoon. Obsérvese el abanico de direcciones de corriente generado por los distintos procesos sedimentarios invocados.

### (13) Manto eólico reciente.

#### *Interpretación de conjunto*

Se reconocen dos episodios transgresivos que culminan a techo de los conglomerados intermedio y superior, seguidos de transgresiones rápidas (Figura 3). La secuencia de facies dentro de cada episodio transgresivo no es completa ya que existen sendas interrupciones sedimentarias debidas a la erosión producida por la migración hacia tierra del *foreshore* que retrabaja parte de los sedimentos correspondientes a la isla barrera a causa de la alta energía ambiental.

El modelo sedimentario propuesto (Figura 10) consiste en una costa transgresiva con islas barrera y lagoones someros y marismas. Durante las tormentas el oleaje podía romper los cordones de dunas litorales inundando parcialmente los ambientes protegidos al socaire de la isla barrera y depositando en ellos cuñas de arena con forma de abanico (*washover fans*). De este modo las islas barrera migraban poco a poco hacia tierra y la acción del oleaje en el foreshore erosionaba los sedi-

mentos depositados en los ambientes más terrestres (*backshore* y eólico) a medida que se desplazaba hacia tierra el sistema deposicional.

La diversidad de direcciones de corrientes se debe a pequeñas modificaciones de la morfología costera y de la situación de los subambientes sedimentarios. En el conglomerado inferior las corrientes apuntan hacia el sureste y se interpretan como corrientes de marea reforzadas, quizá, por las marejadas dominantes en la plataforma sublitoral abierta. Las direcciones hacia el mar del conglomerado intermedio se relacionan, probablemente, con un delta mareal de reflujo mientras que las que apuntan hacia el noroeste, medidas en los términos arenosos intercalados en las arcillas de lagoon (8) cuadran mejor con el drenaje del lagoon en el reflujo cuando el agua se dirigía hacia el canal mareal que estaría situado hacia el noroeste y orientado más o menos en dirección NE-SW. En el conglomerado superior las direcciones hacia el noroeste se atribuyen a corrientes de deriva inducidas por el oleaje y las marejadas del sur y suroeste al incidir sobre la costa cuya orientación sería aproximadamente NNW-SSE.

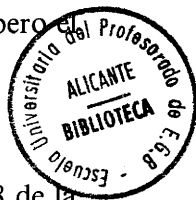
La «elevación mínima» relativa del nivel del mar necesaria para depositar las secuencias transgresivas puede estimarse en 5-8 m., pero el valor medio más probable es de 10-15 m.

## CANTERA DE PUERTO REAL

El corte se sitúa en una cantera abierta al lado del km. 1,8 de la Carretera Comarcal 440 (Figura 1) al N del Cerro de Centa que es una estructura diapírica de materiales margo-yesíferos, triásicos cuya inestabilidad ha continuado incluso durante el Cuaternario (Viguié 1974, Zazo et. al. 1977, Benkhelil 1976, Zazo 1980). Fallas de dirección N 140° y N 20° y microfallas N 30° y N 20° afectan a los depósitos. La serie presenta un buzamiento general hacia el N de unos 22° en los tramos más bajos, los tramos superiores son discordantes sobre aquéllas.

Los materiales son análogos a los descritos en El Aculadero (Figura 11) pero en una serie más completa, en la que los términos más bajos corresponden al Plioceno medio (*Globorotalia crassaformis*) y en la que los niveles de lagoon son más abundantes.

La datación de la serie es bastante problemática y no existen criterios faunísticos suficientes como para marcar límites estratigráficos ne-





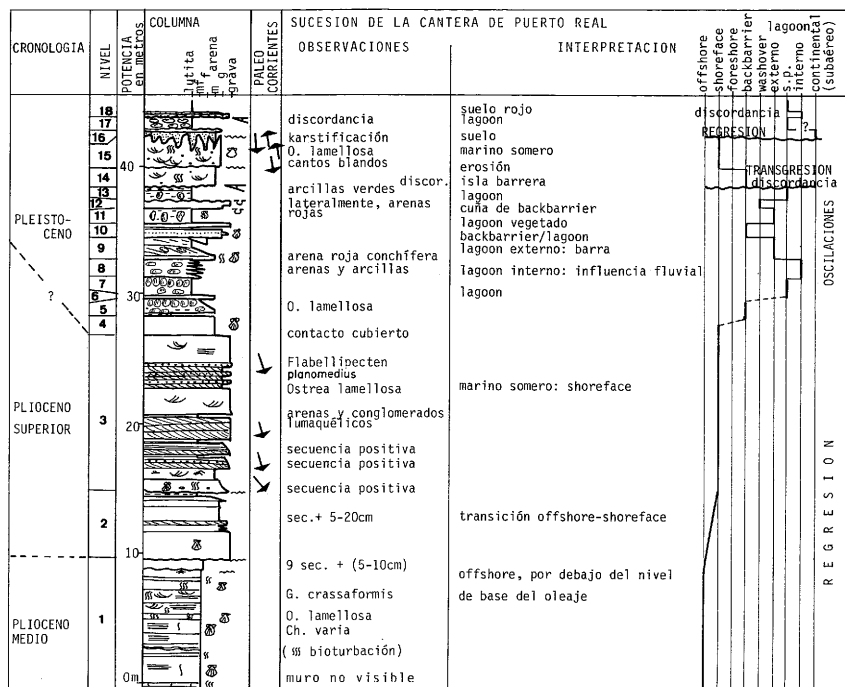


Fig. 12.—Sucesión de la cantera de Puerto Real.

tos a nivel de piso. Las numerosas muestras de macro y microforma estudiadas en la serie no ofrecen ningún tipo de evolución, a excepción del Plioceno medio, el resto tanto puede ser Plioceno como Cuaternario, no obstante dentro del contexto geológico regional y teniendo en cuenta las dos discordancias que aparecen en la sección podemos establecer dos posibilidades (figura 12), de tal forma que es posible que las facies de lagoon se dieran ya durante el Plioceno superior en la zona de Puerto Real.

### Descripción de la serie

- (1) Arenas finas amarillas con lamelibranquios. En varios niveles hay estratificación cruzada ondulante (*hummocky*) y, hacia el techo del tramo, secuencias positivas (F. U.) constituidas por laminación paralela y laminación cruzada de oscilación. Este término corresponde a un depósito de plataforma marina abierta esencialmente por debajo del nivel de base efectivo del oleaje. Las secuen-

cias F. U. de la parte alta indican una mayor constancia de la acción del oleaje sobre el fondo en épocas de tormenta.

Benkhelil (1976) cita la presencia de este nivel de *Globorotalia crassaformis*, confiriéndole una edad Plioceno medio.

- 2) Gravas de cantos de cuarcita cuyo centil alcanza 5 cm. lumaque-  
la de lamelibranquios y arenas con secuencias positivas (F. U.)  
que reflejan la acción del oleaje sobre el fondo y que están inte-  
gradas por laminación paralela y laminación cruzada de ripples  
de oscilación e incluso por laminación paralela-estratificada cru-  
zada ondulante (*hummocky*) laminación cruzada de oscilación.  
A techo se encuentra un nivel de arcilla verde. Se interpreta el con-  
junto como un depósito marino-somero que puede situarse en la  
zona de transición *shoreface* - *offshore*.
- 3) Sigue un paquete de 10-12 m. de espesor de conglomerado de fa-  
cies ostionera en el que se distinguen secuencias positivas cuyo  
tamaño de grano decrece desde grava a arena y cuya estructura  
interna consiste en estratificación cruzada tubular-laminación pa-  
ralela en el término de gravas y estratificación cruzada en surco  
- laminación cruzada en las arenas. Hacia la parte superior alter-  
nan niveles con grandes conchas y otros con estratificación cru-  
zada a pequeña escala. El depósito se interpreta en su conjunto  
como un depósito marino somero sublitoral (*shoreface*) con el fon-  
do afectado por las corrientes mareales y el oleaje.

El resto de la serie (Figura 11 y 12) consiste en una alternancia  
de niveles arcillosos con nódulos de carbonato pulverulento y are-  
nas o calcerenitas.

- 4) Arenas amarillo-rojizas con acumulaciones de carbonato  
pulverulento.
- 5) Margas arenosas verdes con gran cantidad de carbonato que con  
preferencia se acumulan en la parte superior. (¿Lagoon?).
- 6) Arenas rosadas con cantos de cuarzo dispersos de tamaño medio  
1 cm., en algunas zonas están teñidas por óxidos de hierro.
- 7) Arcilla y margas verdes con niveles de nódulos de carbonato. Se  
interpretan como depósitos de lagoon.

- ( 8 ) Aternancia de arenas muy finas con laminación paralela y lutitas con nódulos de carbonato. Se interpreta como un depósito de lagoon con influencia marina distal, probablemente debida a procesos de *overwash*.
- ( 9 ) Término complejo que incluye de muro a techo un cuerpo de arena media a fina en forma de barra, arcilla y margas lagoonales y arenas finas y lutitas. Todos ellos contienen nódulos de carbonato. La barra arenosa se formó en el lagoon y se movía lentamente hacia tierra hasta quedar cubierta por los sedimentos arcillosos del lagoon que, por compactación, se adaptaron aún más a su morfología. La depresión resultante se rellenó de sedimento arenoso muy bioturbado.
- (10) Arenas gruesas y gravas con cantos de cuarcita y Ostréidos. La bioturbación aumenta hacia arriba donde también se encuentran nódulos de carbonato. Se interpreta como una cuña de sedimento grosero que invade el lagoon desde la isla barrera.
- (11) Arcillas y margas arenosas verdes con nódulos de carbonatos alargados en sentido vertical. Conchas de bivalvos parcialmente transformadas en nódulos de carbonato. Se interpreta como depósito de lagoon.
- (12) Arenas medias con nódulos de carbonato y gravas de cuarcita.
- (14) Arena de matriz limo-arcillosa de color rojo con cantos de cuarzo de tamaño 1-2 cm. En la parte superior se aprecia estratificación cruzada en surco. La bioturbación disminuye hacia el techo.
- (15) Calcarenitas algo bioturbadas con lamelibranquios, cantos, de cuarcita y cuarzo, centil 5 cm. y cantos blandos en la base. La estructura interna es estratificación cruzada irregular en la base y en surco hacia el resto con dos direcciones opuestas: hacia el norte y hacia el sur. Se trata de un depósito sublitoral afectado por las corrientes mareales y el oleaje.

Sobre este material se desarrolla un karst subaéreo cuyos «poches» están rellenos por:

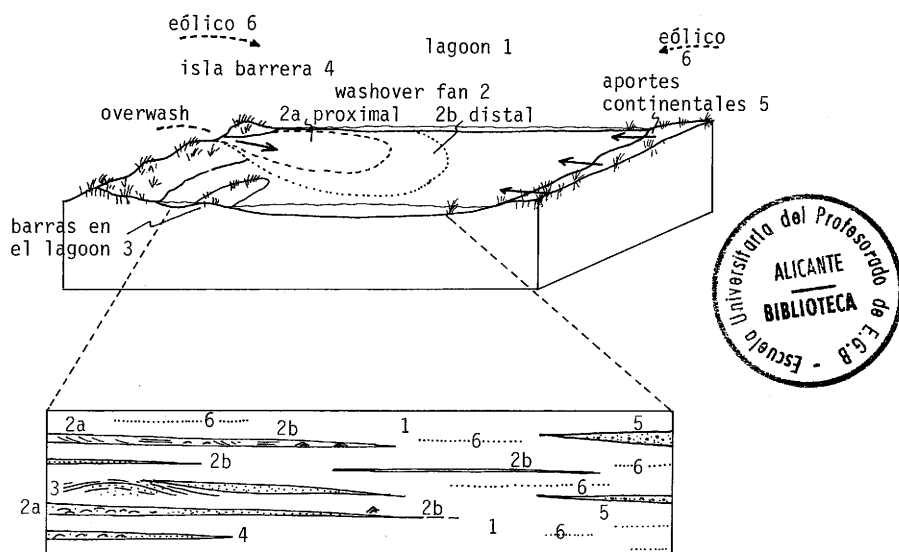


Fig. 13. —Procesos sedimentarios y modelo propuesto para la parte alta de la cantera de Puerto Real. Consiste en la parte trasera (back barrier) de una isla barrera y el lagoon adyacente, afectados por procesos de *overwash* que depositan *washover fans*. En la parte inferior, secuencias resultantes en las distintas zonas.

- (16) Una arena con matriz limo-arcillosa rojiza con cantos sueltos de cuarzo. Su origen es difícil de interpretar a falta de estructuras sedimentarias claras.
- (17) Arcillas verdes con carbonato, depósito de lagoon. Sobre ellas en discordancia angular y erosiva se apoyan unas.
- (18) Arenas-arcillosas rojas con cantos de cuarzo y cuarcitas sobre ellas se desarrolla un suelo rojo. El depósito pertenece a un glacis.

Los términos superiores de la serie corresponden a depósitos de escorrentía sobre los que se desarrolla un suelo pardo.

### *Interpretación del conjunto*

La parte inferior de la sucesión (términos (1) a (4) Figura 12) es una megasecuencia negativa de energía creciente a techo (C. U.) en la que se registra el paso de los ambientes de plataforma abierta (*offsho-*

re) a los litorales (*shoreface*). La parte superior incluye una alternancia de sedimentos lagoonales que se interdigitan con los de isla barrera, marinos litorales o continentales debido a la movilidad de estos subambientes como se especifica en el modelo (Figura 13).

En detalle se reconocen al menos 3 roturas sedimentarias en la parte superior: la primera una discordancia entre los niveles (13) y (14); la segunda está atestiguada por la karstificación del nivel (15) y la más moderna por la discordancia del término (18).

### CANTERA EN EL SANATORIO (PUERTO REAL)

La cantera se sitúa próxima al Km. 668 de la Carretera Nacional IV, abierta en unos materiales fosilíferos que buzan unos 15° hacia el Sur.

La potencia visible de la serie no llega a los 6 m., tanto las muestras de macro como las de micro no han dado resultados definitivos a nivel cronológico ya que la forma que aparece en la sección indica simplemente Plioceno.

#### Descripción de la serie. (Figura 14)

- ( 1 ) Arenas amarillas finas con niveles de arena media y gruesa, con conchas de bivalvos y estratificación cruzada hacia el oeste (N 240° — 300° E). Las láminas del foreset de la estratificación cruzada pueden intercalar cuñas de carbonato de aspecto pulverulento.

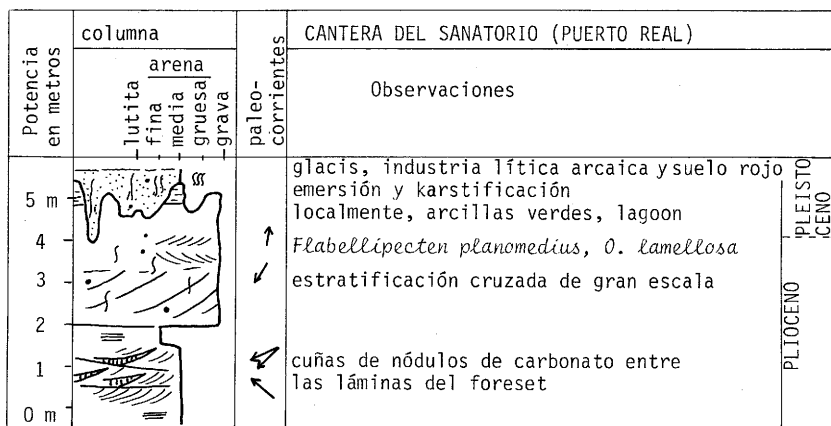


Fig. 14. —Sucesión de la Cantera del Sanatorio de Puerto Real.

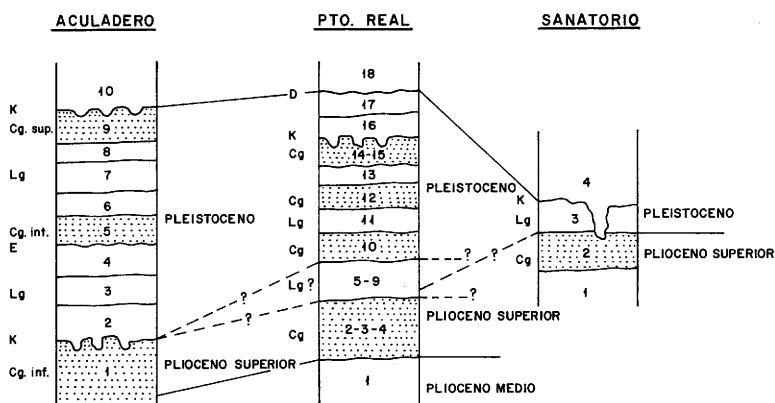


Fig. 15. — Correlación entre las megasecuencias estudiadas: Lg-lagoon, K-karstificación, E-erosión, D-discordancia, Cg-conglomerado «facies ostionera», 1, 2,... numeración de los términos en las distintas columnas utilizadas en el texto.

( 2 ) Conglomerado lumaquélco (*Flabellipecten planomedi*us, *O. lamellosa*). Estratificación cruzada de gran escala dominante hacia el suroeste (N 210° — 220°) y otra menor, subordinada hacia el Noreste (N 10° E).

( 3 ) Arcillas verdes con carbonatos. Depósitos de lagoon.

Karstificación.

( 4 ) Arenas arcillosas rojas con cantos. Industria lítica arcáica similar a las de El Aculadero. Sobre ellas se desarrolla un suelo rojo.

La sucesión es parte de una megasecuencia negativa de energía creciente a techo y depositada en medio marino sublitoral (*shoreface*).

## CORRELACIONES

Aunque difíciles de establecer dada la similitud y repetitividad de las litofacies, así como de las faunas, que no aportan gran precisión, se ha intentado sintetizar en la figura 15 una correlación entre los distintos afloramientos estudiados; señalando en algunos casos más de una

alternativa. Los criterios fundamentales que hemos seguido han sido: distintas fases de emersión en muchos casos acompañados por procesos de karstificación, las discordancias, las macro y microformas, y las megasecuencias sedimentarias.

## RECONSTRUCCIÓN PALEOGEOGRÁFICA

### *Paleogeografía durante el Plioceno superior - Pleistoceno*

En la Figura 16 se esquematiza el trazado de la costa durante este período de tiempo, de ella se deduce que la paleocosta formaba un amplio entrante cuya zona más interna se introducía por el actual Guadalete sin sobrepasar la Sierra de San Cristóbal que constituía un acantilado fósil durante el Plioceno superior. Los dos salientes que enmarcaban esta extensa Bahía, se situaban al Norte de Rota y al Sur de la Playa de la Barrosa.

El Cerro de Centa, al NE de Puerto Real, y el Cerro de los Mártires, al Sur de San Fernando, constituían dos islotes en el interior de la Bahía.

La retirada paulatina del mar durante el Plioceno superior provocó la aparición de zonas marino-salobres, lagoones y marismas, que se desarrollaron fundamentalmente en la mitad septentrional de la antigua Bahía, siendo que son repetidamente inundadas por el mar durante las oscilaciones positivas en el Pleistoceno.

En todas las series estudiadas se reconoce una secuencia negativa ligada a una regresión que culmina en la emersión y karstificación de materiales de «facies ostionera».

Las facies marinas restringidas y salobres se disponen en secuencias transgresivas. Uniendo las puntas donde se acuñan las facies de lagoon entre las marismas, se puede deducir que la línea de costa se orientaba aproximadamente este-oeste en el Aculadero. En la Cantera de Puerto Real el domo diapírico activo durante el depósito de los materiales indujo a un saliente costero al que se adaptaron los subambientes situándose el mar hacia el noroeste y la costa hacia el sur y sureste. En cualquier caso se formaron islas barrera con el mar hacia su posición actual y lagoones y marismas a su resguardo entre ellas y tierra firme.

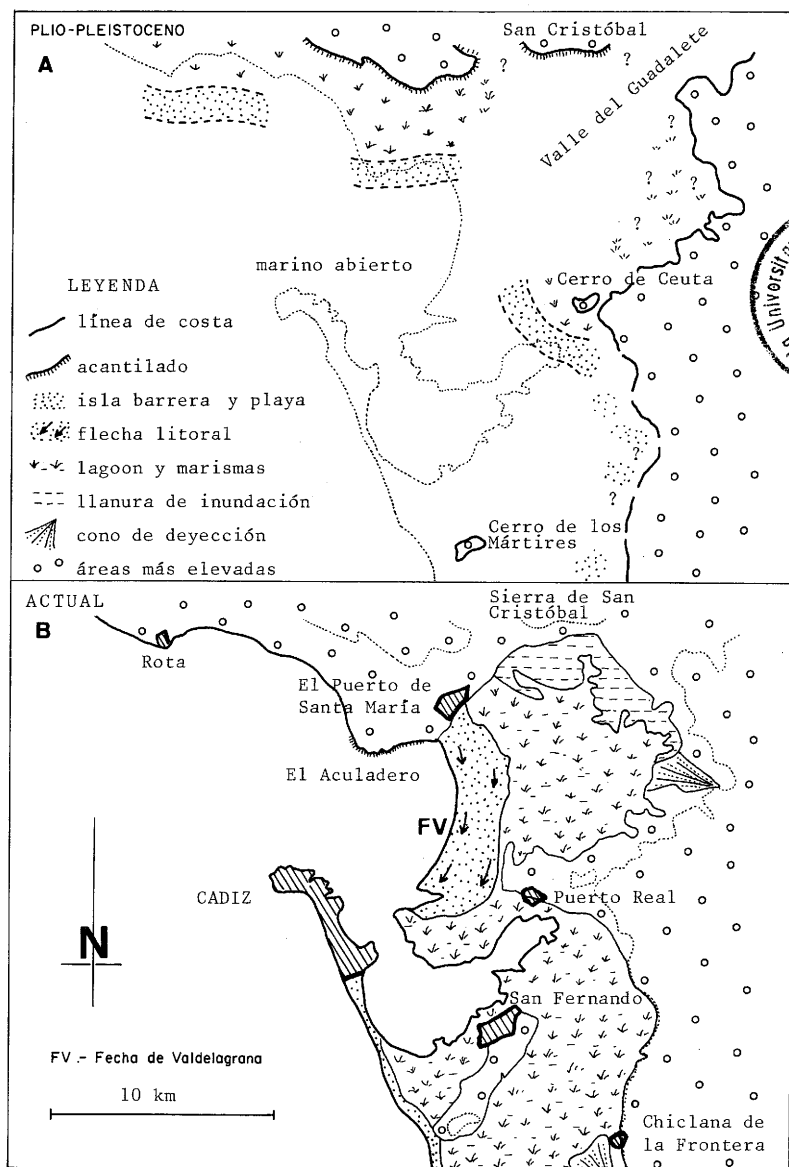


Fig. 16.—Comparación de los distintos medios sedimentarios durante el Pleistoceno antiguo (A) y en la actualidad (B).



Los sedimentos lagoonales de la cantera intercalan cuñas de material conchífero procedentes de la isla barrera en forma de *washovers* así como cuerpos arenosos con morfología de barra que pueden interpretarse como salientes de la costa del lagoon sometidos a la acción de las corrientes de marea y cubiertos por la vegetación. Otras cuñas parecen proceder del continente y consisten en arenas rojas y gravas con muchos cantos de cuarcita, no contienen fauna. Estas intercalaciones sugieren oscilaciones a pequeña escala de la línea de costa que acentúan los efectos de unos procesos u otros en un punto dado.

Es de destacar la coincidencia hacia el sureste de las direcciones de corriente indicativa de un fenómeno de gran escala, que se atribuye al fluir de las corrientes mareales adaptándose a la morfología de la paleobahía. Estas corrientes pudieron reforzarse con la componente sureste de la deriva litoral inducida por los vientos y temporales del oeste y suroeste, que son los más frecuentes e intensos en la región. Las direcciones medidas en los niveles marinos reflejan este dispositivo: en la Cantera de Puerto Real, la neta componente sur puede estar relacionada con el choque de las corrientes y olas contra el saliente costero producido por el levantamiento diapírico del Cerro de Centa; en el Acudadero se aprecia una mayor variedad cuyo origen se esbozó más atrás. Las direcciones de componentes suroeste son oblicuas a la costa y pueden ligarse a la acción mareal bien en un delta mareal de reflujo (*ebb tidal delta*) o bien en relación con el reflujo del paleoestuario del Guadalete. Las direcciones hacia el noroeste de deben, probablemente, a modificaciones de la orientación de la costa en el tiempo, de modo que variase la exposición a las corrientes anteriormente indicadas.

### *Comparación con el medio actual*

El esquema que se observa en la actualidad (Figura 16) es un claro reflejo de lo que se producía durante el Plioceno superior — Pleistoceno. La actual marisma, en la que se depositan margas y arcillas verdosas que contienen la típica fauna marino-salobre (abundancia de *Cerastoderma edule*) representarían los depósitos de lagoon, en ella se produce una gran bioturbación animal y vegetal y se desarrollan también suelos hidromorfos. Dicha marisma se sitúa al abrigo de la flecha litoral de Valdelagrana, que constituye en la actualidad una isla barrera.

En la zona interna de la marisma se desarrollan los ambientes típicos continentales, conos de deyección, limos de inundación, etc. La Fle-

cha litoral ha ido evolucionando desde el Holoceno a la actualidad, de tal forma que hoy día el Ayuntamiento de San Pedro la atraviesa, y una zona de marismas se instala sobre la misma.

## CONCLUSIONES

- Durante el Plio/Pleistoceno la paleo Bahía de Cádiz se extendía desde el norte de Rota a la Barrosa al Sur de Chiclana de la Frontera, y se extendía por el valle de Guadalete, quedando en su interior dos islas correspondientes a los Cerros de Centa y de los Mártires.
- En la Bahía se formaron sistemas de islas barrera (o flechas litorales) que separaban áreas de lagoon y marismas del mar abierto. Las oscilaciones relativas del nivel del mar con respecto a la costa, cuyo origen seguramente es tanto eustático como tectónico, generaron secuencias transgresivas en las que los subambientes progradaron hacia tierra y que están separadas por superficies de erosión y karstificación producidas en las épocas de caída del nivel del mar. La amplitud «relativa» de estas oscilaciones se estima del orden de 10-15 m.
- La distribución de ambientes en la actualidad es semejante a la descrita en el trabajo pero el tamaño del modelo es más reducido.

AGRADECEMOS a los Dres. E. Molina, J. Meco, J. Usera, la ayuda que nos han prestado en cuanto al estudio de los suelos, macrofauna y microfauna marina de las secciones estudiadas.

## BIBLIOGRAFÍA

AGUIRRE E., ARIAS C., BONADONNA F. P., CIVIS J., DABRIO C., GOY J. L., LÓPEZ N., MORALES J., PÉREZ-GONZÁLEZ A., PORTA J., ZAZO C. «Pliocene - Pleistocene Transition in the Iberian Peninsula». IGCP project 41. Final Report (INQUA) en prensa.

- BENHELIL J. (1976). «Etude Neotectonique que la Terminaison occidentale du Cordillères Bétiques». *Thèse 3<sup>em</sup> cycle*. Université de Nice, 180 pp.
- VIGUIER Cl. (1974). «Le Néogène de l'Andalousie nord-occidentale (Espagne) *Thèse d'Etat*. Université de Bordeaux, 449 pp.
- ZAZO C., GOY J. L., HOYOS M., MECO J., USERA J., GARCÍA VICENTE J., GALVÁN J., AGUIRRE E. (1977). «El corte de Puerto Real y el problema Plio-Pleistoceno en la Bahía de Cádiz». *Trab. sobre Neógeno - Cuaternario* n.º 6, pp. 319-336.
- ZAZO C. (1979). «El problema del límite Plio/Pleistoceno en el litoral S. y SE. de España» *Trab. sobre Neógeno - Cuaternario* n.º 9.
- ZAZO C. (1980). «El Cuaternario marino-continental y el límite Plio/Pleistoceno en el litoral de Cádiz» *Tesis Doctoral* (2 T.) *Universidad de Madrid*.
- ZAZO C., GOY J. L., HOYOS M., QUEROL M. A., SANTONJA M. (1981). Parada 3 — «El Aculadero». *Actas y Guías de Excursiones V. Reun. Nac. G.E.T.C.* Sevilla pp. 383-385.